

Abstract (Basic): JP 2000284227 A 4288-183 \

NOVELTY - A 45degrees Faraday rotation child (5) is arranged between reflecting type polarizers (1,2) consisting of photonic crystal. Reflection mirrors (3,4) perform total reflection of light emitted from any one of polarizer and Faraday rotation child, and irradiates from other polarizer.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for optical switch.

USE - In e.g. independent polarization type optical circulator for optical communication apparatus, optical information processing apparatus.

ADVANTAGE - Transmits light only in specific direction, by using reflecting type polarizer.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the components of optical circulator.

Polarizers (1,2)

Reflection mirrors (3,4)

Faraday rotation child (5)

pp; 9 DwgNo 1/14

Title Terms: OPTICAL; CIRCULATE; OPTICAL; COMMUNICATE; APPARATUS; REFLECT; MIRROR; PERFORMANCE; TOTAL; REFLECT; LIGHT; EMIT; ONE; FARADAY; ROTATING; CHILD; IRRADIATE

Derwent Class: P81; V07

International Patent Class (Main): G02B-027/28

International Patent Class (Additional): G02B-005/30

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): V07-K03

AQ2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-284227
(P2000-284227A)

(43) 公開日 平成12年10月13日 (2000. 10. 13)

(51) Int.Cl.⁷
G 0 2 B 27/28
5/30

識別記号

F I
G 0 2 B 27/28
5/30

テーマコード(参考)

A 2 H 0 4 9
2 H 0 9 9

審査請求 未請求 請求項の数19 OL (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-86222

(22) 出願日 平成11年3月29日 (1999. 3. 29)

(71) 出願人 000134257

株式会社トーキン

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

(71) 出願人 391006566

川上 彰二郎

宮城県仙台市若林区土樋236番地 愛宕橋

マンションファラオC-09

(72) 発明者 本間 洋

宮城県仙台市太白区郡山六丁目7番1号

株式会社トーキン内

(74) 代理人 100071272

弁理士 後藤 洋介 (外2名)

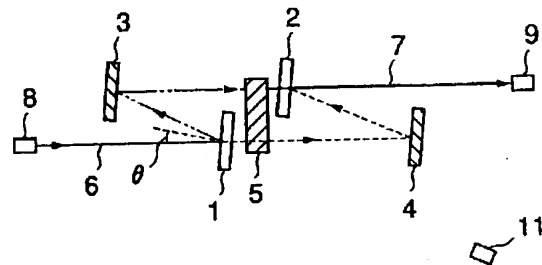
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光サーキュレータ及び光スイッチ

(57) 【要約】

【課題】 部品点数の少ない構成により、従来の光サーキュレータ同程度の光学特性を有するにもかかわらず、従来より低価格の光サーキュレータとそれを用いた光スイッチとを提供すること。

【解決手段】 3ポート又は4ポートを備えた偏光無依存型光サーキュレータであって、反射型の第1及び第2の偏光子1、2と、前記第1及び第2の偏光子1、2間の光路上に配置された少なくとも1枚の45°ファラデー回転子5と、前記第1の偏光子1及び前記ファラデー回転子5のいずれか一方からの出射光を全反射して他方に入射させる第1の全反射ミラー3と、前記第2の偏光子2及び前記ファラデー回転子5のいずれか一方からの出射光を全反射して他方に入射させる第2の全反射ミラー4とを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 3ポート又は4ポートを備えた偏光無依存型光サーキュレータであって、反射型の第1及び第2の偏光子と、前記第1及び第2の偏光子間の光路上に配置された少なくとも1枚の45°ファラデー回転子と、前記第1の偏光子及び前記ファラデー回転子のいずれか一方からの出射光を全反射して他方に入射させる第1の全反射ミラーと、前記第2の偏光子及び前記ファラデー回転子のいずれか一方からの出射光を全反射して他方に入射させる第2の全反射ミラーとを備えていることを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項2】 請求項1記載の光サーキュレータにおいて、前記反射型の第1及び第2の偏光子が、フォニック結晶からなることを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項3】 請求項1又は2記載の光サーキュレータにおいて、前記第1及び第2の偏光子と前記第1及び第2の全反射ミラーとの入射面が実質的に互いに平行であって、且つ光進行方向と前記第1及び第2の偏光子及び前記第1及び第2の全反射ミラーの入射面の間の角度が0°～90°の範囲内であることを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項4】 請求項1乃至3の内のいずれかに記載の光サーキュレータにおいて、前記反射型の第1及び第2の偏光子の透過偏光方向が、互いにほぼ45°の角度をもつことを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項5】 請求項1乃至4の内のいずれかに記載の光サーキュレータにおいて、更に、少なくとも1枚の透明な等方性物質からなる板を具備することを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項6】 請求項5記載の光サーキュレータにおいて、反射型の偏光子、透明な等方性物質からなる板、45°ファラデー回転子、透明な等方性物質からなる板、及び全反射ミラーが順に一体化された光学スタック2つを組み合わせたものから実質的になることを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項7】 請求項1乃至6の内のいずれかに記載の光サーキュレータにおいて、前記ファラデー回転子が成長磁気異方性を無くす為の熱処理を施されたものであることを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項8】 請求項1乃至7の内のいずれかに記載の光サーキュレータにおいて、前記ファラデー回転子が硬磁性ガーネット厚膜からなることを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項9】 請求項1乃至8の内のいずれかに記載の光サーキュレータにおいて、光学部品からの少なくとも1つの光入出射端の外に、更に、レンズと光導波路を配設したことを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項10】 請求項1乃至9の内のいずれかに記載の光サーキュレータにおいて、光学部品からのいずれかの光入出射端の後に、更に、レンズとレーザダイオード

またはレーザダイオード、レンズとフォトダイオードまたはフォトダイオードを配設したことを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項11】 請求項10記載の光サーキュレータにおいて、3ポートのうち1つの光入出射ポートにレンズと光ファイバまたは光ファイバが配設され、別の1つの光入出射ポートにフォトダイオードが配設され、さらに別の光入出射ポートにレンズとレーザダイオードまたはレーザダイオードが配設されていることを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項12】 請求項1乃至11の内のいずれかに記載の光サーキュレータにおいて、更に、光学部品からの少なくとも1つの光入出射端の外に、波長選択フィルタを配設したことを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項13】 請求項1乃至12内のいずれかに記載の光サーキュレータを用いたことを特徴とする光スイッチ。

【請求項14】 請求項7記載の光サーキュレータを用い、前記ファラデー回転子に対する磁界印加手段として、半硬質磁性材料製ヨークに具備された電流装置への印加電流の向きを切り替える手段を更に具備することによって、ファラデー回転子の磁化を反転させることを含め、変化させるように構成した1×2又は2×2光スイッチからなることを特徴とする光スイッチ。

【請求項15】 請求項8記載の光サーキュレータを用い、前記ファラデー回転子に対する磁界印加手段として、軟磁性フェライトに具備された電流装置への印加電流の向きを切り替える手段を、更に具備することによってファラデー回転子の磁化を反転させることを含め、変化させるように構成した1×2又は2×2光スイッチからなることを特徴とする光スイッチ。

【請求項16】 請求項14又は15の内のいずれかに記載の光スイッチにおいて、光学部品からの少なくとも1つの光入出射端の外に、更に、レンズと光導波路を配設したことを特徴とする光スイッチ。

【請求項17】 請求項14乃至16の内のいずれかに記載の光スイッチにおいて、光学部品からのいずれかの光入出射端の後に、更に、レンズとレーザダイオードまたはレーザダイオード、レンズとフォトダイオードまたはフォトダイオードを配設したことを特徴とする光スイッチ。

【請求項18】 請求項17記載の光スイッチにおいて、3ポートのうち1つの光入出射ポートにレンズと光ファイバまたは光ファイバが配設され、別の1つの光入出射ポートにフォトダイオードが配設され、さらに別の光入出射ポートにレンズとレーザダイオードまたはレーザダイオードが配設されていることを特徴とする光スイッチ。

【請求項19】 請求項14乃至18の内のいずれかに記載の光スイッチにおいて、光学部品からの少なくとも

1つの光入射端の外に、波長選択フィルタを配設したことを特徴とする光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信機器、光情報処理機器等に用いられ、光を特定方向にのみ透過させる素子である光サーキュレータ及び光スイッチに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、よく使用されている偏光無依存型光サーキュレータのなかで、代表的な構造として、古賀氏発明で特許権者が日本電信電話株式会社の特許第2,539,563号公報（以下、従来技術1と呼ぶ）に開示された光サーキュレータがある。

【0003】従来技術1による光サーキュレータは、偏光ビームスプリッタ、反射ミラー、45°ファラデー回転子、相反的45°偏光面回転子により構成されるタイプである。

【0004】図14は従来の技術1に開示された光サーキュレータを示す図である。図14において、第1のポート50、第2のポート51が互いの光入射方向が平行になるように配置され、これらの光入射方向とは夫々直交し且つ互いに平行となるような光入射方向を備えた第3のポート52、第4のポート53が設けられている。第1のポート50及び第2のポート51の間には、45°ファラデー回転子58、相反的45°偏光面回転子59が設けられている。第1のポート50からの光入射方向において、45°ファラデー回転子58、相反的45°偏光面回転子59の前には、偏光ビームスプリッタ54及び反射ミラー57が設けられている。また、第2のポート51からの光入射方向において、相反的45°偏光面回転子59、45°ファラデー回転子58の前には、偏光ビームスプリッタ53及び反射ミラー56が設けられている。そして、第3のポート52、の入射方向において、偏光ビームスプリッタ54及び反射ミラー56が位置するように配置され、第4のポート53の入射方向において、偏光ビームスプリッタ55及び反射ミラー57が位置するように配置されている。

【0005】このような構成で、従来技術1によるサーキュレータは、4ポート型偏光無依存光サーキュレータとして作用する。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来技術1において用いられる偏光ビームスプリッタは、性能とコストの両面において、充分なものがない。

【0007】例えば、誘電体多層膜を使用した場合は、反射光の消光比が十分でなく、また、複屈折単結晶のプリズムを使用した場合には材料が高価であり、高精度の研磨が必要である。

【0008】さらに、相反的45°偏光面回転子に1/2波長板を使用する場合には、その作製に高精度の研磨を必要とする。

【0009】従って、従来技術1による光サーキュレータでは、高価なものとなるという欠点がある。

【0010】そこで、本発明の技術的課題は、部品点数の少ない構成により、従来の光サーキュレータ同程度の光学特性を有するにもかかわらず、従来より低価格の光サーキュレータとそれを用いた光スイッチとを提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、3ポート又は4ポートを備えた偏光無依存型光サーキュレータであって、反射型の第1及び第2の偏光子と、前記第1及び第2の偏光子間の光路上に配置された少なくとも1枚の45°ファラデー回転子と、前記第1の偏光子及び前記ファラデー回転子のいずれか一方からの出射光を全反射して他方に入射させる第1の全反射ミラーと、前記第2の偏光子及び前記ファラデー回転子のいずれか一方からの出射光を全反射して他方に入射させる第2の全反射ミラーとを備えていることを特徴とする光サーキュレータが得られる。

【0012】また、本発明によれば、前記光サーキュレータにおいて、前記反射型の第1及び第2の偏光子が、フォトリソグラフィ法からなることを特徴とする光サーキュレータが得られる。

【0013】また、本発明によれば、前記いずれかの光サーキュレータにおいて、前記第1及び第2の偏光子と前記第1及び第2の全反射ミラーとの入射面が実質的に互いに平行であって、且つ光進行方向と前記第1及び第2の偏光子及び前記第1及び第2の全反射ミラーの入射面の間の角度が0°～90°の範囲内であることを特徴とする光サーキュレータが得られる。

【0014】また、本発明によれば、前記いずれかの光サーキュレータにおいて、前記反射型の第1及び第2の偏光子の透過偏光方向が、互いにほぼ45°の角度をもつことを特徴とする光サーキュレータが得られる。

【0015】また、本発明によれば、前記いずれかの光サーキュレータにおいて、更に、少なくとも1枚の透明な等方性物質からなる板を具備することを特徴とする光サーキュレータが得られる。

【0016】また、本発明によれば、前記光サーキュレータにおいて、反射型の偏光子、透明な等方性物質からなる板、45°ファラデー回転子、透明な等方性物質からなる板、及び全反射ミラーが順に一体化された光学スタック2つを組み合わせたものから実質的なことを特徴とする光サーキュレータが得られる。

【0017】また、本発明によれば、前記いずれかの光サーキュレータにおいて、前記ファラデー回転子が成長磁気異方性を無くす為の熱処理を施されたものであるこ

とを特徴とする光サーキュレータが得られる。

【0018】また、本発明によれば、前記いずれかの光サーキュレータにおいて、前記ファラデー回転子が硬磁性ガーネット厚膜からなることを特徴とする光サーキュレータが得られる。

【0019】また、本発明によれば、前記いずれかの光サーキュレータにおいて、光学部品からの少なくとも1つの光入出射端の外に、更に、レンズと光導波路を配設したことを特徴とする光サーキュレータが得られる。

【0020】また、本発明によれば、前記いずれかの光サーキュレータにおいて、光学部品からのいずれかの光入出射端の後に、更に、レンズとレーザダイオードまたはレーザダイオード、レンズとフォトダイオードまたはフォトダイオードを配設したことを特徴とする光サーキュレータが得られる。

【0021】また、本発明によれば、前記光サーキュレータにおいて、3ポートのうち1つの光入出射ポートにレンズと光ファイバまたは光ファイバが配設され、別の1つの光入出射ポートにフォトダイオードが配設され、さらに別の光入出射ポートにレンズとレーザダイオードまたはレーザダイオードが配設されていることを特徴とする光サーキュレータが得られる。

【0022】また、本発明によれば、前記いずれかの光サーキュレータにおいて、更に、光学部品からの少なくとも1つの光入出射端の外に、波長選択フィルタを配設したことを特徴とする光サーキュレータが得られる。

【0023】また、本発明によれば、前記いずれかの光サーキュレータを用いたことを特徴とする光スイッチが得られる。

【0024】また、本発明によれば、前記光サーキュレータを用い、前記ファラデー回転子に対する磁界印加手段として、半硬質磁性材料製ヨークに具備された電流装置への印加電流の向きを切り替える手段を更に具備することによって、ファラデー回転子の磁化を反転させることを含め、変化させるように構成した1×2又は2×2光スイッチからなることを特徴とする光スイッチが得られる。

【0025】また、本発明によれば、前記光サーキュレータを用い、前記ファラデー回転子に対する磁界印加手段として、軟磁性フェライトに具備された電流装置への印加電流の向きを切り替える手段を、更に具備することによってファラデー回転子の磁化を反転させることを含め、変化させるように構成した1×2又は2×2光スイッチからなることを特徴とする光スイッチが得られる。

【0026】また、本発明によれば、前記いずれかの光スイッチにおいて、光学部品からの少なくとも1つの光入出射端の外に、更に、レンズと光導波路を配設したことを特徴とする光スイッチが得られる。

【0027】また、本発明によれば、前記いずれかの光スイッチにおいて、光学部品からのいずれかの光入出射

端の後に、更に、レンズとレーザダイオードまたはレーザダイオード、レンズとフォトダイオードまたはフォトダイオードを配設したことを特徴とする光スイッチが得られる。

【0028】また、本発明によれば、前記光スイッチにおいて、3ポートのうち1つの光入出射ポートにレンズと光ファイバまたは光ファイバが配設され、別の1つの光入出射ポートにフォトダイオードが配設され、さらに別の光入出射ポートにレンズとレーザダイオードまたはレーザダイオードが配設されていることを特徴とする光スイッチが得られる。

【0029】さらに、本発明によれば、前記いずれかの光スイッチにおいて、光学部品からの少なくとも1つの光入出射端の外に、波長選択フィルタを配設したことを特徴とする光スイッチが得られる。

【0030】

【発明の実施の形態】ここで、本発明の実施の形態を述べる前に本発明の原理について、説明する。

【0031】まず、本発明の光アイソレータに使用したフォトリック結晶から成る偏光子について説明する。

【0032】近年、高屈折率媒質と低屈折率媒質から成る人工的な周期構造体における、フォトン状態密度が研究されている。互いに直交する2つの直線偏光において、それぞれが独立に周波数と波動ベクトルの関係を持っている。バンドギャップ、すなわち、フォトン状態密度が零となる周波数帯域も、それぞれの偏光に固有である。ある周波数帯域において、一方の偏光に対する状態密度が零であり、他方の偏光に対する状態密度が零にならない場合がある。この周波数帯域においては、偏光子としての作用が可能である。すなわち、この周期構造体は一方の偏光を反射し、他方の偏光を波動ベクトルを保存しながら透過させる。特に、フォトリック結晶からなる偏光子のなかでも、基板表面に形成された凹凸形状を保存しながら堆積させた高屈折率媒質と低屈折率媒質の多層膜から成るフォトリック結晶は光サーキュレータ用の偏光子として、優れた特質を備えている。

【0033】第1にSiO₂とα-Si:Hによるフォトリック結晶偏光分離素子は、通信波長帯で損失が無いため、光サーキュレータ用として用いた場合、どの偏光成分も全て利用可能である。

【0034】第2に消光比が40dB以上であり、25dB程度が一般的なPBSに比べて、はるかにアイソレーション特性に優れた光サーキュレータが実現できる。

【0035】第3にPBSが垂直方向に偏光成分を分離するのに対して、フォトリック結晶は、ほぼ任意の方向に偏光成分を分離する偏光分離素子が設計できる。尚、フォトリック結晶からなる偏光分離素子の構造、特性、作製方法の詳細は、特願平10-257426号（発明者：川上彰二郎、大寺康夫、川島貴之、出願人：川上彰二郎、発明の名称：偏光子とその作製方法）に記した通

りである。

【0036】本発明の光サーキュレータ、光スイッチは、フォトニック結晶から成る反射型の偏光子を構成要素として含み、その偏光子の特長を生かすための構造を具備している。

【0037】次に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。尚、本発明の実施の形態で用いた偏光子は、直交する2偏光の一方を透過させ、他方を反射させるために、偏光分離素子として用いることができる。さらに、非相反素子を透過した2偏光を合波することもできる。その結果、偏光無依存型光サーキュレータの動作を可能にする。また、多くの光サーキュレータと同じく本発明の光サーキュレータも、印加する磁界の向きを逆転させることで光スイッチとして動作する。

【0038】〈第1の実施の形態〉本発明における第1の実施の形態を図1乃至図5を用いて説明する。

【0039】図1乃至4は本発明の第1の実施の形態による光サーキュレータの構成及び各ポート間の光の進行を示す図である。図5(a)及び(b)は図1乃至図4の第1及び第2の偏光子1、2における透過偏光方向と反射偏光方向を示す図である。

【0040】図1乃至5を参照して、ファラデー回転子5を介して、ファラデー回転子5の入出射面に沿って、間隔を置いて第1のポート8と第2のポート9が対向して設けられている。

【0041】第1のポート8からの入出射方向の直線上に、第1の偏光子1、ファラデー回転子5、第2のミラー4の順で配置され、一方、第2のポート9からの入出射方向の直線上に、第2の偏光子2、ファラデー回転子5、第1のミラー3の順に配置されている。

【0042】第1の偏光子1は入射光線に対して、角度 θ だけ傾けてセットされている。同様に、第2の偏光子2、第1のミラー3、及び第2のミラー4は、第1の偏光子1に平行にセットされている。

【0043】第1の偏光子1と第2の偏光子2は、フォトニック結晶からなり、偏光分離素子として作用する。

【0044】次に、第1のポート8から第2のポート9にいたる経路における、光の偏光方向の変化とそれに伴う進行方向の変化について、図1を参照して説明する。

【0045】第1の偏光子1の透過偏光方向は、入射面から左ネジの向きに 22.5° だけ回転している。一方、反射偏光方向は入射面から、右ネジの向きに 67.5° だけ回転している。ところで、第1の偏光子1は、入射光線に対して θ だけ傾けてセットされているため、入射光線方向から見た、偏光子の透過偏光方向と反射偏光方向のなす角度は $180^\circ - 2 \tan^{-1}(\cos \theta)$ であって、 90° より大きい。しかし、その差によってもたらされるロスは、 $\theta = 10^\circ$ のときに、0.001dB程度であり、大きくない。偏光子1で反射された光は、さらにミラー3により反射され、光路6に平行

に進む。

【0046】次に、 45° ファラデー回転子5により、偏光面の回転を受けた後、第2の偏光子2に入射する。

【0047】図5に示すように、この偏光子の透過偏光方向は、入射面から右ネジの方向に 22.5° 回転した方向に設定されているので、その光を透過させる。他方、第1の偏光子1を透過した光は、 45° ファラデー回転子5によって偏光面の回転を受けた後、ミラー4により反射され、第2の偏光子2に入射するが、光の偏光方向が第2の偏光子2の反射偏光方向に一致しているので、反射される。

【0048】よって、どの偏波成分も光路7を経てポート9に至る。ところで、2つのミラーと2つ偏光子は互いに平行に設定されており、第1の偏光子1と第1の反射ミラー3の間の距離と第2の反射ミラー4と第2の偏光子2の間の距離が等しく、さらに第1の反射ミラー3と第2の偏光子2の間の距離と第1の偏光子1と第2の反射ミラー4の間の距離が等しく設定されているので、第1の偏光子1によって分離された光は第2の偏光子2によって合波される。

【0049】一方、これらの2つ光路長は、等しいので、偏波分散は原理的に零である。

【0050】次に、図2を用いて、第2のポート9から第3のポート11に至る経路の光の偏光方向の変化とそれに伴う進行方向の変化について説明する。

【0051】 45° ファラデー回転子5による偏光面の回転方向が磁化の方向にのみ依存することと、図5

(a)、(b)に示す第1及び第2の偏光子の透過偏光方向と反射偏光方向の関係から、偏光子2で反射された光は偏光子1で反射され、他方、偏光子2を透過した光は偏光子1を透過することがわかる。その結果、いずれの偏光成分も光路10を通過して第3のポート11に至る。さらに、それらの偏光成分に対する光路長を等しいことは、第1のポート8から第2のポート9に至る光路と同様である。

【0052】次に、図3を用いて、第3のポート11から第4のポート13に至る経路の光の偏光方向の変化とそれに伴う進行方向の変化について説明する。

【0053】 45° ファラデー回転子5による偏光面の回転方向が磁化の方向にのみ依存することと、図5

(a)、(b)に示す第1および第2の偏光子の透過偏光方向と反射偏光方向の関係から、偏光子1で反射された光は偏光子2を透過し、他方、偏光子1を透過した光は偏光子2で反射することがわかる。その結果、いずれの偏光成分も光路12を通過して第4のポート13に至る。さらに、それらの偏光成分に対する光路長を等しいことは、第1から第2のポートに至る光路と同様である。

【0054】次に、図4を用いて、第4のポート13から第1のポート8に至る経路の光の偏光方向の変化とそ

れに伴う進行方向の変化について説明する。

【0055】45°ファラデー回転子5による偏光面の回転方向が磁化の方向にのみ依存することと、図5

(a)及び(b)に示す第1および第2の偏光子の透過偏光方向と反射偏光方向の関係から、偏光子2で反射された光は偏光子1で反射し、他方、偏光子2を透過した光は偏光子1を透過することがわかる。その結果、いずれの偏光成分も光路6を通過して第1のポート8に至る。さらに、それらの偏光成分に対する光路長が等しいことは、第1から第2のポートに至る光路と同様である。

【0056】以上のポート間の光の進行をまとめると、第1のポート→第2のポート→第3のポート→第4のポート→第1のポートとなる。このようにして、偏波分散が零である4ポート型偏光無依存光サーキュレータを構成することができた。

【0057】(第2の実施の形態)本発明の第2の実施の形態では、光サーキュレータの製造方法について、主に説明する。

【0058】図6から図8は本発明の第2の実施の形態による光サーキュレータの製造方法を示す図である。図6において、ガラス板14、フォトニック結晶偏光子15、ガラス板16、ビスマス置換希土類鉄ガーネット17、ガラス板18、及び誘電体全反射ミラー19がこの順で重ね合わされ接着されている。これを角度を持って破線でしめすように切断し、その切断面20を研磨する。

【0059】第2の実施の形態においては、対称になっているので、研磨された光学スタック21を2つ貼り合わせることで、図4の構成を持つ光学スタック22ができあがる。

【0060】なお、この構成の動作は図1の構成の動作と同じである。

【0061】本実施の形態に用いるファラデー回転子は、入射光に対してフォトニック結晶やミラーと同じ傾きをもつ。その結果、熱処理を施していないビスマス置換希土類鉄ガーネットは $\theta = 10^\circ$ の時、 $\theta = 0^\circ$ の場合に比べて10dB程度消光比が劣化するが、1120℃、4時間の加熱処理を施したビスマス置換希土類鉄ガーネット16は、前記の様な条件においても、殆ど消光比の劣化はおこさない。そのため本実施の形態においては、成長磁気異方性を除去するための熱処理は必須である。

【0062】(第3の実施の形態)図9は本発明の第3の実施の形態による光サーキュレータを模式的に示す図である。図9に示す光サーキュレータは、光受送信装置に應用されている。

【0063】光学スタック部分22は、第2の実施の形態によるものと同様であり、3ポート光サーキュレータとして使用している。

【0064】3ポート光サーキュレータの光入射ポート24にはレーザーダイオード27とレンズ28が配置され、光出射ポート25にはフォトダイオード29が配置されている。また、入出射ポート26は、回線と接続するためレンズ30と光ファイバ31を取り付ける。

【0065】本発明の第3の実施の形態によれば、上り光、下り光ともに損失が少なく、レーザーダイオードへの入射光が無いため、ノイズの少なく、かつ高感度の光受送信装置を低価格で作製することができる。

【0066】(第4の実施の形態)図10は本発明の第4の実施の形態による光サーキュレータの適用例を示す図である。

【0067】図10を参照すると、波長1.31 μm の信号光と波長1.55 μm の信号を、同一の光ファイバを使って伝送する際に使用する。光学スタック22には、ダイ2乃至第4の実施の形態と同様のものを使用し、3ポート光サーキュレータの光入出射ポート33には、1.31 μm 帯の光を選択する波長選択フィルタ34、レンズ35と2芯フェルル36付き光ファイバを取り付ける。その他の構成は、第4の実施の形態の構成と同様である。この構成は波長1.31 μm に対しては、第3の実施の形態と同様な振る舞いをする。

【0068】しかしながら、1.55 μm の波長に対しては、2本の光ファイバの一方37が基幹線と接続されるとき、コアからの出力光は1.31 μm と1.55 μm の波長の信号を含むものとして、この光はレンズを透過し、波長選択フィルタ34に入射し、1.55 μm の光は反射される。その後レンズを経て、2本の光ファイバのもう一方38に入射し、1.55 μm 用のフォトダイオードに入射する。

【0069】これにより、PLC (Planar Light Wave Circuit) 光導波路を用いたONU (Optical Network Unit)の代替の構成ができあがる。

【0070】但し、本実施の形態では、PLC光導波路を用いたONUと異なり、上り光、下り光ともに原理的には損失が無く、レーザーダイオードへの戻り光によるノイズも生じないので高品質の伝送が可能になる。

【0071】(第5の実施の形態)本発明の第5の実施の形態では、光スイッチについて説明する。

【0072】図11及び図12は本発明の第5の実施の形態による光スイッチの構成を示す図である。図13は図11及び図12の光スイッチの動作説明に供せられる図である。

【0073】図11及び図12を参照して、光スイッチは、光学素子に磁界印加手段が設けられた構成である。光学素子としては、第2の実施の形態による光学スタック22を用いる。また磁界印加手段として、FeCrCoマグネット40に巻いたコイル41からの電流印加によって、磁界の向きを逆転させることが可能なものを用いる。

【0074】次に、図3を参照して、第1の実施の形態において、ファラデー回転子のファラデー回転の向きを逆転させた場合の、ポート間の光の進行について述べ、光スイッチの動作を説明する。

【0075】第1のポート42から第4のポート43に至る経路における光の偏光方向の変化とそれに伴う進行方向の変化について説明する。第1の偏光子44で反射された光は、さらに第1のミラー46により反射され、光路49を進む。

【0076】次に、ファラデー回転子5（図1乃至4参照）と逆方向に偏光面を回転させる45°ファラデー回転子48により、偏光面の回転を受けた後、第2の偏光子45に入射する。この偏光子45の透過偏光方向は、図5に示すように入射面に平行に設定されているので、その光を反射させる。他方、第1の偏光子1を透過した光は、ファラデー回転子5と逆方向に偏光面を回転させる45°ファラデー回転子48によって偏光面の回転を受けた後、第2のミラー47により反射され、第2の偏光子45に入射するが、光の偏光方向が第2の偏光子45の透過偏光方向に一致しているので、光路49に沿って透過する。

【0077】以上の様に、第1の実施の形態では、第1のポートから第2のポートに進行したものが、第5の実施の形態においては、ファラデー回転子の回転方向を逆転させることで出射ポートが第4のポートに変更された。他のポートについても同様で、進行をまとめると第1のポート→第4のポート→第3のポート→第2のポート→第1のポートとなる。

【0078】また光路長の偏波分散については、どのポート間の光の進行経路についても零であることは、第1の実施の形態のサーキュレータの場合と同様である。

【0079】このようにして、偏波分散が零で、ある4ポート型偏光無依存光スイッチを構成することができた。

【0080】

【発明の効果】以上説明したように、本発明においては、フォトニック結晶を用いた反射型の偏光子は、薄膜型で大面積が可能であり、この偏光子を偏光分離素子として使用することにより、低価格の偏光無依存型光サーキュレータを実現することができる。

【0081】また、本発明によれば、この光サーキュレータの構成に磁場印加逆転手段を設けることにより、同様に低価格の光スイッチを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による光サーキュレータの構成を示すとともに、第1のポートから第2のポートへの光の進行の説明に供せられる図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態による光サーキュレータの第2のポートから第3のポートへの光の進行の説

明に供せられる図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態による光サーキュレータの第3のポートから第4のポートへの光の進行の説明に供せられる図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態による光サーキュレータの第4のポートから第1のポートへの光の進行の説明に供せられる図である。

【図5】(a)及び(b)は第1及び第2の偏光子の透過偏光方向と反射偏光方向を夫々示す図である。

【図6】本発明の第2の実施の形態による光サーキュレータの製造方法の説明に供せられる図であり、光学部品の接着を示している。

【図7】図6の光学部品の切断、研磨した物を示す図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態による光サーキュレータの光学素子部分を示す図である。

【図9】本発明の第3の実施の形態による光サーキュレータの適用例を示す図で、光サーキュレータにレーザダイオード、フォトダイオード、光ファイバ、及びレンズを組み合わせた構成を示している。

【図10】本発明の第4の実施の形態による光サーキュレータの適用例を示す図で、光サーキュレータとレーザダイオード、フォトダイオード、光ファイバ、波長選択フィルタ、レンズを組み合わせた構成を示している。

【図11】本発明の第5の実施の形態による光スイッチを示す平面図で、光学素子部と磁界印加手段との組み合わせを示している。

【図12】図11の光スイッチの正面図である。

【図13】図11及び図12に示した光スイッチの動作の説明に供せられる図であり、第1のポートから第4のポートへの光の進行を示している。

【図14】従来技術1によるの偏光無依存型光サーキュレータの概略構成を示す図である。

【符号の説明】

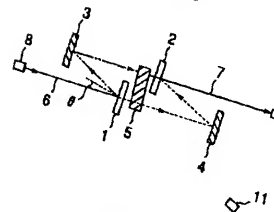
- 1 第1の偏光子
- 2 第2の偏光子
- 3 第1の反射ミラー
- 4 第2の反射ミラー
- 5 45°ファラデー回転子
- 6 第1のポートと第1の偏光子の間の光路
- 7 第2のポートと第2の偏光子の間の光路
- 8 第1のポート
- 9 第2のポート
- 10 第3のポートと第1の偏光子の間の光路
- 11 第3のポート
- 12 第4のポートと第2の偏光子の間の光路
- 13 第4のポート
- 14 ガラス板
- 15 フォトニック結晶偏光子
- 16 ガラス板

(8) 000-284227 (P2000-28) 18

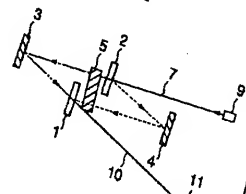
- 17 ビスマス置換希土類鉄ガーネット
- 18 ガラス板
- 19 誘電体全反射ミラー
- 20 切断面を示す破線
- 21 研磨された光学スタック
- 22 光学スタック
- 24 光入出射ポート
- 25 光出射ポート
- 26 光入射ポート
- 27 レーザダイオード
- 28 レンズ
- 29 フォトガイオード
- 30 レンズ
- 31 光ファイバ
- 34 波長選択フィルタ
- 35 レンズ
- 36 2芯フェルル
- 37 光ファイバ
- 38 光ファイバ
- 40 FeCrCoマグネット

- 41 コイル
- 42 第1の光入出射ポート
- 43 第4の光入出射ポート
- 44 第1のフォトニック結晶による偏光子
- 45 第2のフォトニック結晶による偏光子
- 46 第1のミラー
- 47 第2のミラー
- 48 逆方向に偏光面を回転させる45° ファラデー回転子
- 49 第4のポートと第2の偏光子の間の光路
- 50 第1のポート
- 51 第2のポート
- 52 第3のポート
- 53 第4のポート
- 54 偏光ビームスプリッタ
- 55 偏光ビームスプリッタ
- 56 反射ミラー
- 57 反射ミラー
- 58 45° ファラデー回転子
- 59 相反的45° 偏光面回転子

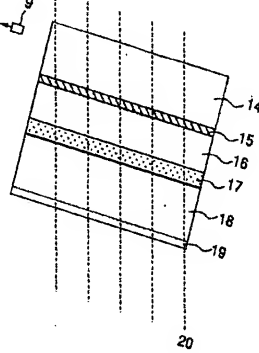
【図1】



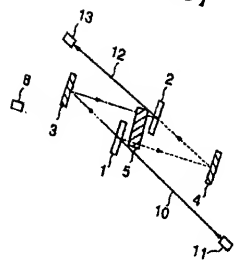
【図2】



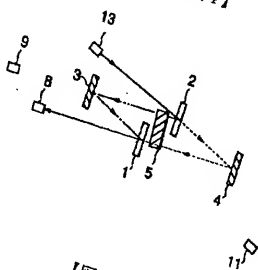
【図6】



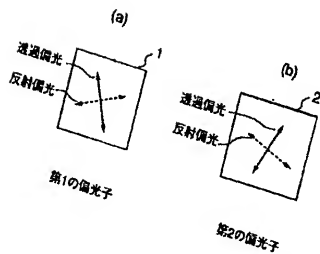
【図3】



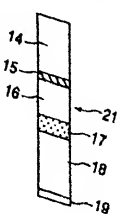
【図4】



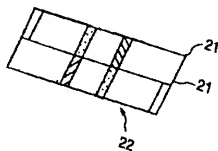
【図5】

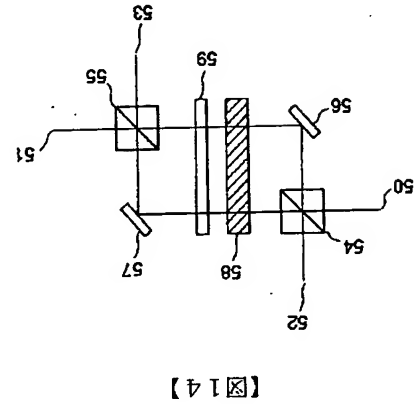
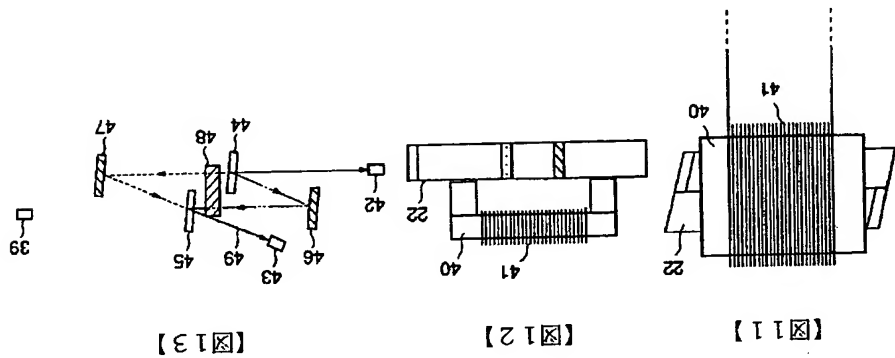
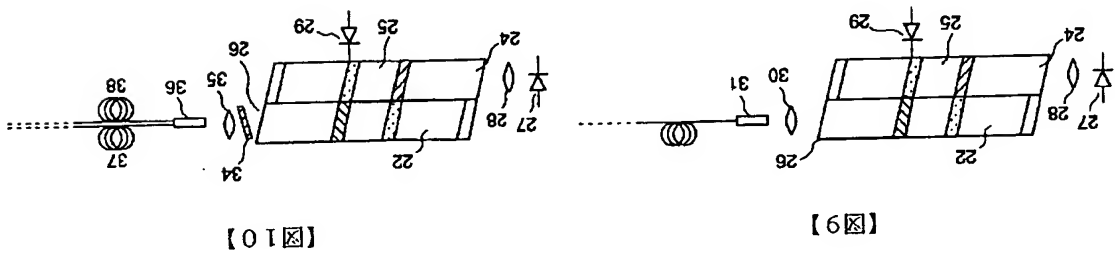


【図7】



【図8】





フロントページの続き

(72)発明者 増本 敏昭
宮城県仙台市太白区郡山六丁目7番1号
株式会社トーキン内

(72)発明者 土屋 治彦
宮城県仙台市太白区郡山六丁目7番1号
株式会社トーキン内

(72)発明者 佐藤 尚
宮城県仙台市青葉区荒巻神明町25-6 コ
ーポラス神明202号

(72)発明者 川上 彰二郎
宮城県仙台市若林区土樋236番地 愛宕橋
マシヨソマオ C-09

フタム(参考) 2H049 BA05 BA08 BA42 BA45 BB03
BB62 BB63 BC01 BC25
2H099 AA01 BA06 CA17 DA05